

## 分散シフト光ファイバ

### 背景技術

#### 5      1) 技術分野

この発明は、多波長の信号光を多重化して光伝送を行う波長分割多重 (WDM: Wavelength Division Multiplexing) 伝送システムにおいて光伝送路として用いられる分散シフト光ファイバ(Dispersion Shifted Fiber)に関するものである。

#### 2) 関連技術

10      光ファイバ網を用いたWDM伝送システムは、大容量の情報を長距離伝送することが可能であり、多波長の信号光を送信する送信器、これらの信号光を伝送する光ファイバ、これらの光信号を受信する受信機および信号光を増幅する光増幅器等を含んで構成される。このようなWDM伝送システムにおいて、伝送容量を増大するために、信号光の波長帯域の幅を広げる試みがなされている。

15      このようなことを意図した光ファイバが開示されている (米国特許第6, 282, 354号参照)。この光ファイバは、ゼロ分散波長が1575~1595 nmに存在し、モードフィールド径が7.9~9.1  $\mu$ m、分散スロープが0.10 ps/nm<sup>2</sup>/km以下、カットオフ波長が1500 nm以下、波長1550 nmにおける伝送損失が0.203 dB/km以下である。また、この光ファイバは、実施例に記載された分散スロープの値が0.07~0.08 ps/nm<sup>2</sup>/kmである (米国特許第6, 282, 354号中の表5参照)。

ところで、近年、光ファイバ増幅器が利得を有する波長帯域の拡大が鋭意検討されてきており、波長領域1530~1625 nmの信号光まで増幅が可能となってきた。しかしながら、特許文献1に開示された光ファイバは、波長領域1525~1565 nmでの使用を意図したものであって、波長領域1565~1625 nmでの使用については考慮されていない。

### 発明の開示

本発明に係る分散シフト光ファイバは、ゼロ分散波長が1640 nmよりも長

波長側に存在し、波長領域1530～1625 nmにおけるいずれの波長においても波長分散が $-1.0 \sim -10.0 \text{ ps/nm/km}$ 、分散スロープが $0.07 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 未満の正の値、波長1550 nmにおける偏波モード分散(PMD: Polarization Mode Dispersion)が $0.1 \text{ ps/(km)}^{1/2}$ 以下、波長  
5 1550 nmにおける有効コア断面積が $40 \sim 70 \mu\text{m}^2$ であることを特徴とする。

また、本発明に係る分散シフト光ファイバは、上記の発明において、波長1550 nmにおける伝送損失が $0.200 \text{ dB/km}$ 以下であることを特徴とする。

この発明によれば、分散シフト光ファイバは、伝送損失が十分に小さい。

10 また、本発明に係る分散シフト光ファイバは、上記の発明において、波長1383 nmにおける伝送損失が、波長1310 nmにおける伝送損失よりも小さく、水素エージング試験前後における波長1383 nmにおける伝送損失の増加量が $0.04 \text{ dB/km}$ 以下であることを特徴とする。

また、本発明に係る分散シフト光ファイバは、上記の発明において、22 m長  
15 におけるケーブルカットオフ波長が、1300 nm以下であることを特徴とする。

また、本発明に係る分散シフト光ファイバは、上記の発明において、光軸中心を含み、第1の屈折率を有する中心コアと、前記中心コアを取り囲み、前記第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有する第2コアと、前記第2コアを取り囲み、前記第2の屈折率より大きい第3の屈折率を有する第3コアと、前記第3コアを  
20 取り囲み、前記第3の屈折率より小さい第4の屈折率を有するクラッドとを備えることを特徴とする。

この発明によれば、波長領域1530～1625 nmにおけるいずれの波長においても波長分散が $-1.0 \sim -10.0 \text{ ps/nm/km}$ となる分散シフト光ファイバが実現される。

25 また本発明に係る分散シフト光ファイバは、上記の発明において、前記中心コア、前記第2コアおよび前記第3コアは、前記クラッドに対する比屈折率差が正に設定されていることを特徴とする。

この発明によれば、比屈折率差を上記のように設定することで、ゼロ分散波長が1640 nmよりも長波長側に存在し、波長領域1530～1625 nmにお

けるいずれの波長においても波長分散が $-1.0 \sim -10.0 \text{ ps/nm/km}$ 、分散スロープが $0.07 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 未満の正の値、波長 $1550 \text{ nm}$ におけるPMDが $0.1 \text{ ps/(km)}^{1/2}$ 以下、波長 $1550 \text{ nm}$ における有効コア断面積が $40 \sim 70 \mu\text{m}^2$ となる分散シフト光ファイバが実現される。

- 5      ここで、本明細書において、水素エージング試験とは、IEC 60793-2-50 (first edition 2002-01) Annex C Section C3.1に規定される方法に従って行う試験をいう。ただし、波長 $\lambda_y$ は、 $1383 \text{ nm}$ とする。22m長におけるケーブルカットオフ波長とは、ITU-T (国際電気通信連合) G. 650で定義するケーブルカットオフ波長 $\lambda_{cc}$ をいう。その他、
- 10    本明細書で特に定義しない用語についてはITU-T G. 650における定義、測定方法に従うものとする。

#### 図面の簡単な説明

- 図1Aは、この発明の実施の形態1に係る分散シフト光ファイバの構成図、図
- 15    1Bは、図1Aの分散シフト光ファイバに関する屈折率プロファイルを示す図である。

図2は、この発明に係る分散シフト光ファイバの波長分散特性を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

- 20    以下に図面を参照して、この発明に係る分散シフト光ファイバに関する最良の形態について説明する。

- 図1A、1Bは、この発明の実施の形態1である分散シフト光ファイバを示し、図1Aは分散シフト光ファイバの構成図、図1Bは屈折率プロファイルを示す図である。実施の形態1である分散シフト光ファイバ1は、光軸中心Cを含む中心コア1a (屈折率 $=n_1$ , 外径 $D_1$ ) の周囲に第2コア1b (屈折率 $=n_2$ , 外径 $D_2$ )、第3コア1c (屈折率 $=n_3$ , 外径 $D_3$ ) 及びクラッド1d (屈折率 $=n_4$ , 外径 $D_4$ ) が同心円状に形成されている。分散シフト光ファイバ1は、各部分の屈折率を $n_1 > n_3 > n_2 > n_4$ とすることで、中心コア1a、第2コア1b、第3コア1cのクラッド1dに対する比屈折率差が正に設定され、より好適には、中心
- 25

コア1 aのクラッド1 dに対する比屈折率差 $\Delta 1$  (%) が $0.7 \leq \Delta 1 \leq 0.9$ である。

このような屈折率プロファイルを有する分散シフト光ファイバ1は、石英ガラスをベースとし、中心コア1 a、第2コア1 b、第3コア1 c及びクラッド1 d  
5 に対応する中心コア領域、第2コア領域および第3コア領域にドーパント (GeO<sub>2</sub>) を添加したプリフォームを線引きして製造される。

分散シフト光ファイバ1は、図2に示すように、ゼロ分散波長が1640 nmよりも長波長側に存在し、波長領域1530~1625 nmにおける波長分散が $-1.0 \sim -10.0$  ps/nm/km、分散スロープが $0.07$  ps/nm<sup>2</sup>/km  
10 /km未満の正の値である。また、分散シフト光ファイバ1は、波長1550 nmにおけるPMDを $0.1$  ps/(km)<sup>1/2</sup>以下で、波長1550 nmにおける有効コア断面積を $40 \sim 70$   $\mu$ m<sup>2</sup>とする。図1Aに示す構成の分散シフト光ファイバ1を試作したところ、中心コア1 aの外径D1 は $5.4$   $\mu$ m、第2コア1 bの外径D2 は $9.8$   $\mu$ m、第3コア1 cの外径D3 は $20$   $\mu$ mであり、クラ  
15 ッド1 dの外径D4 は $125$   $\mu$ mであった。また、中心コア1 aの比屈折率差 $\Delta 1$  は $0.82\%$ であり、第2コア1 bの比屈折率差 $\Delta 2$  は $0.05\%$ であり、第3コア1 cの比屈折率差 $\Delta 3$  は $0.3\%$ であった。ここで、線引きされた分散シフト光ファイバ1は、重水素からなる雰囲気中に3時間程、暴露した。

試作した分散シフト光ファイバ1について特性を測定したところ、ゼロ分散波  
20 長が1664 nm、波長1530~1625 nmにおける波長分散が $-2.0 \sim -7.1$  ps/nm/kmであり、分散スロープが $0.056$  ps/nm<sup>2</sup>/kmであった。また、波長1550 nmにおけるPMDは $0.079$  ps/nm/(km)<sup>1/2</sup>、波長1550 nmにおける有効コア断面積は $53$   $\mu$ m<sup>2</sup>であった。

一方、波長1550 nmにおける伝送損失は $0.192$  dB/kmであり、波  
25 長1310 nmおよび1383 nmにおける伝送損失は、それぞれ $0.37$  dB/km、 $0.33$  dB/kmであった。また、水素エージング試験前後での波長1383 nmにおける伝送損失の増加はなかった。さらに、22m長におけるケーブルカットオフ波長は $1222$  nmであった。この結果、分波長領域1530~1625 nmに亘る広い波長帯域における多波長の信号光を用いて大容量の長

距離伝送に好適であった。

また、分散シフト光ファイバ1は、高速光通信に好適であった。また、非線型光学現象に因る信号光の波形劣化を抑制できた。またケーブル化等で発生する曲げに対しても、伝送損失の増加を抑制できた。

- 5      以上説明したように、本発明の分散シフト光ファイバによれば、広帯域のWDM伝送に好適である。

本発明を完全かつ明瞭に開示するために特徴的な実施例に関し記載してきた。しかし、添付の請求の範囲は、上記実施例に限定されるべきものではなく、本明細書に示した基礎的事項の範囲内で当該技術分野の当業者が創作しうるすべての

- 10   変形例及び代替可能な構成を具現化するように構成されるべきである。

## 請 求 の 範 囲

1. ゼロ分散波長が1640nmよりも長波長側に存在し、波長領域1530～1625nmにおけるいずれの波長においても波長分散が $-1.0 \sim -10.0$  ps/nm/km、分散スロープが $0.07$  ps/nm<sup>2</sup>/km未満の正の値、波長1550nmにおける偏波モード分散が $0.1$  ps/(km)<sup>1/2</sup>以下、波長1550nmにおける有効コア断面積が $40 \sim 70 \mu\text{m}^2$ であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。
- 10 2. 波長1550nmにおける伝送損失が $0.200$  dB/km以下であることを特徴とする請求項1に記載の分散シフト光ファイバ。
3. 波長1383nmにおける伝送損失が、波長1310nmにおける伝送損失よりも小さく、水素エージング試験前後における波長1383nmにおける伝送損失の増加量が $0.04$  dB/km以下であることを特徴とする請求項2に記載の分散シフト光ファイバ。
- 15 4. 22m長におけるケーブルカットオフ波長が、1300nm以下であることを特徴とする請求項3に記載の分散シフト光ファイバ。
- 20 5. 光軸中心を含み、第1の屈折率を有する中心コアと、前記中心コアを取り囲み、前記第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有する第2コアと、前記第2コアを取り囲み、前記第2の屈折率より大きい第3の屈折率を有する第3コアと、前記第3コアを取り囲み、前記第3の屈折率より小さい第4の屈折率を有するクラッドとを備えることを特徴とする請求項1に記載の分散シフト光ファイバ。
- 25 6. 光軸中心を含み、第1の屈折率を有する中心コアと、前記中心コアを取り囲み、前記第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有する第2コアと、前記第2コアを取り囲み、前記第2の屈折率より大きい第3の屈折率を有する第3コアと、

前記第3コアを取り囲み、前記第3の屈折率より小さい第4の屈折率を有するクラッドとを備えることを特徴とする請求項2に記載の分散シフト光ファイバ。

5 7. 光軸中心を含み、第1の屈折率を有する中心コアと、前記中心コアを取り囲み、前記第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有する第2コアと、前記第2コアを取り囲み、前記第2の屈折率より大きい第3の屈折率を有する第3コアと、前記第3コアを取り囲み、前記第3の屈折率より小さい第4の屈折率を有するクラッドとを備えることを特徴とする請求項3に記載の分散シフト光ファイバ。

10 8. 光軸中心を含み、第1の屈折率を有する中心コアと、前記中心コアを取り囲み、前記第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有する第2コアと、前記第2コアを取り囲み、前記第2の屈折率より大きい第3の屈折率を有する第3コアと、前記第3コアを取り囲み、前記第3の屈折率より小さい第4の屈折率を有するクラッドとを備えることを特徴とする請求項4に記載の分散シフト光ファイバ。

15 9. 光軸中心を含み、第1の屈折率を有する中心コアと、前記中心コアを取り囲み、前記第1の屈折率より小さい第2の屈折率を有する第2コアと、前記第2コアを取り囲み、前記第2の屈折率より大きい第3の屈折率を有する第3コアと、前記第3コアを取り囲み、前記第3の屈折率より小さい第4の屈折率を有するクラッドとを備えることを特徴とする請求項5に記載の分散シフト光ファイバ。

20 10. 前記中心コア、前記第2コアおよび前記第3コアは、前記クラッドに対する比屈折率差が正に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の分散シフト光ファイバ。

25 11. 前記中心コア、前記第2コアおよび前記第3コアは、前記クラッドに対する比屈折率差が正に設定されていることを特徴とする請求項2に記載の分散シフト光ファイバ。

1 2. 前記中心コア，前記第 2 コアおよび前記第 3 コアは、前記クラッドに対する比屈折率差が正に設定されていることを特徴とする請求項 3 に記載の分散シフト光ファイバ。

5      1 3. 前記中心コア，前記第 2 コアおよび前記第 3 コアは、前記クラッドに対する比屈折率差が正に設定されていることを特徴とする請求項 4 に記載の分散シフト光ファイバ。

10      1 4. 前記中心コア，前記第 2 コアおよび前記第 3 コアは、前記クラッドに対する比屈折率差が正に設定されていることを特徴とする請求項 5 に記載の分散シフト光ファイバ。



## 要 約 書

- ゼロ分散波長が1640 nmよりも長波長側に存在し、波長領域1530～1625 nmにおける波長分散が $-1.0 \sim -10.0 \text{ ps/nm/km}$ 、分散ス
- 5 ローブが $0.07 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$ 未満の正の値、波長1550 nmにおける偏波モード分散が $0.1 \text{ ps/(km)}^{1/2}$ 以下、波長1550 nmにおける有効コア断面積が $40 \sim 70 \mu\text{m}^2$ である分散シフト光ファイバ。